

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4514157号
(P4514157)

(45) 発行日 平成22年7月28日(2010.7.28)

(24) 登録日 平成22年5月21日(2010.5.21)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 J 37/317	(2006.01)	HO 1 J 37/317	Z
HO 1 J 37/073	(2006.01)	HO 1 J 37/317	B
C 2 3 C 14/48	(2006.01)	HO 1 J 37/073	
HO 1 L 21/265	(2006.01)	C 2 3 C 14/48	Z
		HO 1 L 21/265	6 O 3 B

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-162394 (P2006-162394)	(73) 特許権者	504132272 国立大学法人京都大学 京都府京都市左京区吉田本町36番地1
(22) 出願日	平成18年6月12日(2006.6.12)	(73) 特許権者	302054866 日新イオン機器株式会社 京都府京都市南区久世殿城町575番地
(65) 公開番号	特開2007-335110 (P2007-335110A)	(74) 代理人	100088661 弁理士 山本 恵二
(43) 公開日	平成19年12月27日(2007.12.27)	(72) 発明者	石川 順三 京都府京都市西京区京都大学桂 国立大学 法人京都大学大学院工学研究科内
審査請求日	平成18年6月27日(2006.6.27)	(72) 発明者	ダン・ニコラエスク 京都府京都市西京区京都大学桂 国立大学 法人京都大学大学院工学研究科内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオンビーム照射装置および半導体デバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

イオン源から引き出したイオンビームをターゲットに照射する構成のイオンビーム照射装置において、

前記イオンビームに電子を供給して当該電子によって前記イオンビームの空間電荷を中和する電子源であって、導電性のカソード基板上に形成されていて先端が尖った形状をした多数のエミッタ、および、この各エミッタの先端を間隙をあけて取り囲む引出し電極を有する電界放出型電子源を備えており、

かつ前記電界放出型電子源は、それから放出するときの電子の、前記イオンビームの進行方向に平行な方向からの角度である入射角度が、イオンビームの内向きを正、外向きを負とすると、-15度から+45度の範囲内の角度を成す向きに配置されている、ことを特徴とするイオンビーム照射装置。

【請求項2】

前記電界放出型電子源は、前記入射角度が、-15度から+30度の範囲内の角度を成す向きに配置されている、請求項1記載のイオンビーム照射装置。

【請求項3】

前記電界放出型電子源は、前記入射角度が0度から+15度の範囲内の角度を成す向きに配置されている、請求項1記載のイオンビーム照射装置。

【請求項4】

前記電界放出型電子源は、前記入射角度が0度の角度を成す向きに配置されている、請

求項 1 記載のイオンビーム照射装置。

【請求項 5】

前記電界放出型電子源は、前記イオンビームの進行方向の下流側に向けて電子を放出する向きに配置されている、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のイオンビーム照射装置。

【請求項 6】

前記電界放出型電子源は、前記イオンビームの進行方向の上流側に向けて電子を放出する向きに配置されている、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のイオンビーム照射装置。

【請求項 7】

前記電界放出型電子源は、前記イオンビームの経路を挟んで両側に配置されている、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のイオンビーム照射装置。

10

【請求項 8】

前記電界放出型電子源の位置において、前記イオンビームは、その進行方向 X と交差する面内における Y 方向の寸法が当該 Y 方向と直交する Z 方向の寸法よりも大きい形状をしており、前記電界放出型電子源は、Y 方向に沿って伸びた形状をしている、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載のイオンビーム照射装置。

【請求項 9】

前記ターゲットが半導体基板であり、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載のイオンビーム照射装置を用いて、当該半導体基板に前記イオンビームを照射してイオン注入を行って、当該半導体基板上に複数の半導体デバイスを製造することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、イオン源から引き出したイオンビーム（この明細書では正イオンビーム）をターゲットに照射してイオン注入等の処理を施す構成のイオンビーム照射装置およびそれを用いた半導体デバイスの製造方法に関する。イオン注入を行う場合は、このイオンビーム照射装置はイオン注入装置とも呼ばれる。

【背景技術】

【0002】

イオン源から引き出したイオンビームをターゲットに照射してイオン注入等の処理を施すイオンビーム照射装置においては、装置のスループットを高めると共に、ターゲット上に形成する半導体デバイスの微細化に対応するためにイオン注入深さを浅くする等の観点から、低エネルギーかつ大電流のイオンビームを効率良く輸送することが望まれている。

30

【0003】

しかし、イオンビームが低エネルギーかつ大電流になるほど、イオンビームの空間電荷による発散が大きくなるため、イオンビームを効率良く輸送することが困難になる。この問題を解決する技術の一つとして、輸送中のイオンビームに外部から電子を供給して、当該電子によってイオンビームの空間電荷を中和する技術が知られている。

【0004】

40

その場合、中和を効率良く行うと共に、供給した電子によるターゲット表面の負帯電を抑制する等の理由から、低エネルギーの電子を多量に発生させることができる電子源を用いるのが好ましい。

【0005】

低エネルギーの電子を多量に発生させることができる電子源として、電界放出型電子源が特許文献 1 に記載されている。即ち、この文献には、低エネルギーの電子を多量に発生させることができる電界放出型電子源をターゲットの近くに配置し、当該電界放出型電子源から放出した電子をイオンビームの横からイオンビームにほぼ直角に入射させて、イオンビーム照射の際のターゲット表面の帯電（チャージアップ）を抑制する技術が記載されている。

50

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 6 1 8 9 号公報（段落 0 0 0 7 - 0 0 0 9、図 1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 に記載されたターゲット表面の帯電抑制と、イオンビームの空間電荷中和とは、互いに目的が違う異なる技術であるが、発明者達は、特許文献 1 に記載されたような電界放出型電子源を、イオンビームの空間電荷中和に利用することを思いつき、検討してみた。

【 0 0 0 8 】

しかし、特許文献 1 に記載の技術と同様に、電界放出型電子源から放出させた電子を横からイオンビームにほぼ直角に入射させても、イオンビームの空間電荷中和ひいてはイオンビームの発散抑制の効果は低いことが分かった。

【 0 0 0 9 】

これは、電子を上記のように入射させても、電子の多くは、電子が持つ運動エネルギーによって、あるいはイオンビームが持つ正のビームポテンシャルによる加速も加わって、イオンビームを通り抜けてイオンビームを跨ぐように運動し、そのために上記電子のイオンビーム中での存在確率が低く、従ってイオンビームの空間電荷を効率良く中和することが難しいからである。

【 0 0 1 0 】

そこでこの発明は、電界放出型電子源を用いて、イオンビームの空間電荷を効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散を効果的に抑制することができる装置を提供することを主たる目的としている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

この発明に係るイオンビーム照射装置は、イオンビームに電子を供給して当該電子によって前記イオンビームの空間電荷を中和する電子源であって、導電性のカソード基板上に形成されていて先端が尖った形状をした多数の工ミッタ、および、この各工ミッタの先端を間隙をあけて取り囲む引出し電極を有する電界放出型電子源を備えており、かつ当該電界放出型電子源は、それから放出するときの電子の、前記イオンビームの進行方向に平行な方向からの角度である入射角度が、イオンビームの内向きを正、外向きを負とすると、- 1 5 度から + 4 5 度の範囲内の角度を成す向きに配置されている、ことを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

電界放出型電子源を上記のような向きに配置して、電界放出型電子源から放出するときの電子のイオンビームに対する入射角度を上記範囲にすると、当該電子のイオンビーム中での存在確率が高まる。その結果、イオンビームの空間電荷を効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散を効果的に抑制することができる。

【 0 0 1 3 】

上記入射角度は、- 1 5 度から + 3 0 度の範囲内がより好ましく、0 度から + 1 5 度の範囲内が更に好ましく、0 度が最も好ましい。

【 0 0 1 4 】

上記電界放出型電子源は、イオンビームの進行方向の下流側に向けて電子を放出する向きに配置しても良いし、上流側に向けて電子を放出する向きに配置しても良い。

【 0 0 1 5 】

上記電界放出型電子源は、イオンビームの経路の片側に配置しても良いし、イオンビームの経路を挟んで両側に配置しても良い。

【 0 0 1 6 】

上記電界放出型電子源の位置において、イオンビームが、その進行方向 X と交差する面内における Y 方向の寸法が当該 Y 方向と直交する Z 方向の寸法よりも大きい形状をしてい

10

20

30

40

50

る場合、上記電界放出型電子源は、Y方向に沿って伸びた形状をしているのが好ましい。

【0017】

上記ターゲットを半導体基板とし、上記イオンビーム照射装置を用いて、当該半導体基板にイオンビームを照射してイオン注入を行って、当該半導体基板上に複数の半導体デバイスを製造しても良い。

【発明の効果】

【0018】

請求項1に記載の発明によれば、イオンビームに電子を供給して当該電子によってイオンビームの空間電荷を中和する電界放出型電子源を上記のような向きに配置して、電界放出型電子源から放出するときの電子のイオンビームに対する入射角度を上記範囲内にする
10
ことによって、当該電子のイオンビーム中での存在確率が高まるので、イオンビームの空間電荷を効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散を効果的に抑制することができる。その結果、イオンビームの輸送効率を向上させることができる。

【0019】

請求項2に記載の発明によれば、入射角度を上記範囲内にするによって、電界放出型電子源から放出した電子によってイオンビームの空間電荷をより効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散をより効果的に抑制することができる。その結果、イオンビームの輸送効率をより向上させることができる。
20

【0020】

請求項3に記載の発明によれば、入射角度を上記範囲内にするによって、電界放出型電子源から放出した電子によってイオンビームの空間電荷をより一層効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散をより一層効果的に抑制することができる。その結果、イオンビームの輸送効率をより一層向上させることができる。
30

【0021】

請求項4に記載の発明によれば、入射角度を0度にするによって、電界放出型電子源から放出した電子によってイオンビームの空間電荷を更に効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散を更に効果的に抑制することができる。その結果、イオンビームの輸送効率を更に向上させることができる。
40

【0022】

請求項5に記載の発明によれば、電界放出型電子源を下流側に向けて配置することによって、電界放出型電子源をターゲットよりも上流側に離して配置して、ターゲットまでの長い距離に亘ってイオンビームの発散を効果的に抑制することができる。
50

【0023】

請求項6に記載の発明によれば、電界放出型電子源を上流側に向けて配置することによって、電界放出型電子源から放出した電子によってイオンビームの空間電荷を効率良く中和して空間電荷によるイオンビームの発散を効果的に抑制することができることに加えて、電界放出型電子源から放出した電子がターゲットに入射しにくくなるので、当該電子によるターゲット表面の負帯電を抑制することができるという更なる効果を奏する。これは、電界放出型電子源から放出する電子のエネルギーがあまり低くない場合に特に大きな効果を発揮する。
60

【0024】

請求項7に記載の発明によれば、電界放出型電子源をイオンビームの経路を挟んで両側に配置することによって、イオンビームにその両側から電子を供給することができるので、イオンビームの空間電荷をより効率良く中和して、空間電荷によるイオンビームの発散をより効果的に抑制することができる。
70

【0025】

請求項8に記載の発明によれば、電界放出型電子源がY方向に沿って伸びた形状をしているので、イオンビームが、Y方向の走査を経ることによって、または走査を経ることな
80

く、Y方向に長い形状をしていても、イオンビームのより広い領域に亘ってより均一にイオンビームの空間電荷を中和することができる。

【0026】

請求項9に記載の発明によれば、空間電荷が中和されて発散の少ないイオンビームを用いて、半導体基板の上に複数の半導体デバイスを製造することができるので、同一の半導体基板の上に特性の揃った複数の半導体デバイスを製造することができる。その結果、歩留まりが向上し、半導体デバイスの生産効率が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

図1は、この発明に係るイオンビーム照射装置の一実施形態を示す概略側面図である。このイオンビーム照射装置は、イオン源1から引き出したイオンビーム2を、ホルダ6に保持されたターゲット4に照射して、ターゲット4にイオン注入等の処理を施すよう構成されている。ホルダ6は、例えば、接地電位にある。イオンビーム2の輸送経路およびホルダ6は、図示しない真空容器内に配置されていて、真空雰囲気中に置かれる。

10

【0028】

ターゲット4は、例えば、半導体基板、ガラス基板等である。

【0029】

イオン源1からホルダ6までのイオンビーム2の輸送経路には、必要に応じて、イオンビーム2の質量分離を行う質量分離器、イオンビーム2の走査を行う走査器等が設けられる。

20

【0030】

イオンビーム2の経路の近傍に、電子12を放出する電界放出型電子源10が設けられている。この実施形態では、電界放出型電子源10は、イオンビーム2の進行方向Xの下流側に向けて電子12を放出する向きに配置されている。更に、電界放出型電子源10は、イオンビーム2の経路を挟んで両側(Z方向の両側)に配置されている。

【0031】

電界放出型電子源10の位置において、イオンビーム2は、断面形状がスポット状をしていても良いし、図2に示す例のように、イオンビーム2の進行方向Xと交差する面内におけるY方向の寸法が当該Y方向と交差するZ方向の寸法よりも大きい(より具体的には、十分に大きい)、いわゆるリボン状(これはシート状または帯状とも呼ばれる)の形状をしていても良い。リボン状と言っても、厚さが紙のように薄いという意味ではない。

30

【0032】

リボン状のイオンビーム2は、例えば図2に示すようなスポット状のイオンビーム2aをY方向に往復走査することによってリボン状をしていても良いし、走査を経ることなく、イオン源1から引き出した状態でリボン状をしていても良い。

【0033】

ターゲット4は、この実施形態では、ホルダ6と共に、ターゲット駆動装置8によって、Y方向と交差する方向(即ち、Z方向に沿う方向、またはそれから傾いた方向)に機械的に往復駆動される。イオンビーム2のY方向の幅は、ターゲット4の同方向の寸法よりも若干大きく、このことと、上記往復駆動とによって、ターゲット4の全面にイオンビーム2を照射することができる。

40

【0034】

なお、上記Y方向を水平方向と見ても良いし、垂直方向と見ても良いし、それらから傾いた方向と見ても良い。

【0035】

電界放出型電子源10は、図3にその一部分を拡大して示すように、導電性のカソード基板16と、このカソード基板16の表面に形成されていて先端が尖った形状をした多数の微小なエミッタ18と、この各エミッタ18の先端付近を微小な間隙26をあけて取り囲む、各エミッタ18に共通の引出し電極(ゲート電極とも呼ばれる)22と、この引出し電極22とカソード基板16との間に設けられていて両者間を絶縁する絶縁層20とを

50

備えている。カソード基板 16 と各エミッタ 18 とは互いに電氣的に導通している。

【0036】

各エミッタ 18 は、先端が鋭く尖った形状をしている。換言すれば、先端ほど尖った形状をしている。図 3 に示した例は円錐状をしているが、それ以外に角錐状等の形状をしていても良い。

【0037】

引出し電極 22 は、各エミッタ 18 に対応する位置に微小な小孔 24 を有している。各小孔 24 は、例えば円形をしており、この各小孔 24 の中心部に各エミッタ 18 の先端付近が、小孔 24 の内壁との間に微小な間隙 26 をあけて位置している。

【0038】

各エミッタ 18 の高さ、基底部の直径 D_3 、各小孔 24 の直径、各間隙 26 の寸法は、 μm 単位の微小なものである。

【0039】

上記のようなエミッタ 18 をカソード基板 16 上に多数形成している。多数というのは数十個～数百個というような数ではなく、簡単に言えば、少なくとも 1 万個程度以上ということである。具体例を示せば、この実施形態の電界放出型電子源 10 は、図 2 に示すように、1 個の電界放出型電子源 10 内に、複数個の電子源アレイ 14 を有しており、各電子源アレイ 14 はそれぞれ 1 万～2 万個程度のエミッタ 18 を有している。各電界放出型電子源 10 を構成する電子源アレイ 14 の数は、図 2 に示す 3 個に限られるものではない。

【0040】

再び図 3 を参照して、電界放出型電子源 10 のカソード基板 16 と引出し電極 22 との間には、引出し電極 22 を正極側にして、各エミッタ 18 から電界放出によって電子 12 を放出させる引出し電圧 V_1 を印加する直流の引出し電源 32 が接続されている。引出し電圧 V_1 は、例えば、50 V～100 V 程度である。

【0041】

カソード基板 16 と接地電位部との間には、必要に応じて、図 3 に示す例のように、電界放出型電子源 10 から放出する電子 12 のエネルギーを調整するエネルギー調整電源 36 を接続しておいても良い。その出力電圧 V_3 は、例えば、0 V～50 V 程度である。

【0042】

この電界放出型電子源 10 は、上記のような低い引出し電圧 V_1 で電子 12 を放出させることができるので、低エネルギーの電子 12 を放出することができる。しかも、多数のエミッタ 18 を有しているので、電子 12 を多量に発生させることができる。例えば、1 個の電子源アレイ 14 から 100 μA ～1 mA 程度の電子 12 を発生させることができる。電子源アレイ 14 を複数個有していれば、その個数倍の量の電子 12 を発生させることができる。

【0043】

また、電界放出型電子源 10 は、半導体デバイスに似た構造をしているので、非常に小型化することができる。しかも、イオンビーム 2 の経路を真空雰囲気を保つ真空容器内に配置して動作させることができる。従って、電界放出型電子源 10 をイオンビーム 2 の経路に非常に近づけて配置することができる。

【0044】

電界放出型電子源 10 は、図 4 に示す例のように、引出し電極 22 よりも電子 12 の放出方向側に引出し電極 22 に沿って設けられていて、多数の小孔 30 を有する第 2 引出し電極 28 を更に備えるものでも良い。両引出し電極 22、28 間は、空間または図示しない絶縁層等を介して電氣的に絶縁されている。カソード基板 16 と第 2 引出し電極 28 との間には、両者間に、電界放出型電子源 10 から放出する電子 12 のエネルギーを調整する第 2 引出し電圧 V_2 を印加する直流の第 2 引出し電源 34 が接続されている。 $V_2 > V_1$ とすれば、放出する電子 12 のエネルギーをより大きくする加速モードで運転し、 $V_2 < V_1$ とすれば、放出する電子 12 のエネルギーをより小さくする減速モードで運転する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0045】

図5に示すように、電界放出型電子源10から放出するときの電子12の、イオンビーム2の進行方向Xに平行な方向40からの角度 θ を入射角度と呼ぶことにする。この入射角度 θ は、イオンビーム2の内向きが+（正）、外向きが-（負）とする。

【0046】

上記特許文献1に記載されている電界放出型電子源は、この入射角度 θ でいえば、それが約90度を成す向きに配置されている。これに対して、この実施形態では、各電界放出型電子源10は、入射角度 θ が例えば-15度から+45度の範囲内の角度を成す向きに配置されている。

10

【0047】

各電界放出型電子源10を、このような90度よりも十分に小さい入射角度 θ の向きに配置することができるのは、前述したように、各電界放出型電子源10は非常に小型化することができるので、かつ真空雰囲気中で動作させることができるので、各電界放出型電子源10をイオンビーム2の経路に非常に近づけて配置することができるからである。

【0048】

また、各電界放出型電子源10から電子12を上記のような小さい入射角度 θ で放出しても、イオンビーム2内およびその周りにはイオンビーム2が作る正のビームポテンシャル V_p が存在するので、当該ビームポテンシャル V_p によって電子12はイオンビーム2に引き込まれて、イオンビーム2の空間電荷の中和に寄与することができる。

20

【0049】

しかも、各電界放出型電子源10から放出するときの電子12の入射角度 θ を上記範囲内にすると、電子12がイオンビーム2を通り抜けてイオンビーム2を跨ぐように運動する割合が減るので、電子12のイオンビーム2中での存在確率が高まる。その結果、イオンビーム2の空間電荷を効率良く中和して、空間電荷によるイオンビーム2の発散を効果的に抑制することができる。従って、イオンビーム2の輸送効率を向上させることができる。

【0050】

上記電子12の入射角度 θ とイオンビーム2の中和、即ち発散抑制との関係をシミュレーションした結果を次に説明する。

30

【0051】

図7に、電子12を供給しないときのイオンビーム2の空間電荷による発散の一例を示す。これ以下のシミュレーションにおいて、イオンビーム2のイオン種は $^{31}\text{P}^+$ 、エネルギーは500 eV、電流は25 μA 、 $X = 0\text{ mm}$ の位置における直径 D_1 は50 mmとした。電子12を供給しないときは、 $X = 350\text{ mm}$ の位置において、イオンビーム2の直径 D_2 は193 mmであり、大きく発散していることが分かる。

【0052】

図8に、電子12を供給してイオンビーム2の中和を行うシミュレーションの初期条件を示す。 $X = 0\text{ mm}$ の位置において、YZ平面内に、イオンビーム2を構成するイオン2bを分散させて配置し、その周囲に電子12を円形に配置した。この電子12を、様々な入射角度 θ で放出した。このとき、電子12のエネルギーは10 eV、イオンビーム電流 I_i に対する電子電流 I_e の比 I_e / I_i は34にした。

40

【0053】

図9に、入射角度 θ が89度の例を示す。これは、特許文献1に記載された電界放出型電子源の配置に近いものである。電子12はイオンビーム2を何度も通り抜けて往復振動していることが分かる。 $X = 350\text{ mm}$ の位置におけるイオンビーム2の直径 D_2 は186 mmであり、イオンビーム2は大きく発散しており、電子12はイオンビーム2の空間電荷中和に殆ど寄与していないことが分かる。

【0054】

図10に、入射角度 θ が30度の例を示す。電子12の殆どがイオンビーム2の軌道内

50

に捕捉されていることが分かる。X = 350 mmの位置におけるイオンビーム2の直径 D_2 は116 mmであり、電子12がイオンビーム2の空間電荷中和に効率良く寄与して、イオンビーム2の発散が効果的に抑制されていることが分かる。

【0055】

図11に、入射角度が15度の例を示す。電子12の殆どがイオンビーム2の軌道内に捕捉されていることが分かる。X = 350 mmの位置におけるイオンビーム2の直径 D_2 は113 mmであり、電子12がイオンビーム2の空間電荷中和により効率良く寄与して、イオンビーム2の発散がより効果的に抑制されていることが分かる。

【0056】

図12に、入射角度が0度の例を示す。X = 350 mmの位置におけるイオンビーム2の直径 D_2 は111 mmであり、電子12がイオンビーム2の空間電荷中和に更に効率良く寄与して、イオンビーム2の発散が更に効果的に抑制されていることが分かる。

【0057】

図13に、入射角度が-15度の例を示す。入射角度が負でも、その絶対値がこのように小さければ、電子12の殆どが、イオンビーム2の正のビームポテンシャルによってイオンビーム2の軌道内に捕捉されることが分かる。X = 350 mmの位置におけるイオンビーム2の直径 D_2 は120 mmであり、電子12がイオンビーム2の空間電荷中和に効率良く寄与して、イオンビーム2の発散が効果的に抑制されていることが分かる。

【0058】

上記以外の入射角度でもシミュレーションを行った。図14に、各シミュレーションにおけるX = 350 mmの位置でのイオンビーム2の直径 D_2 を、電子12の入射角度との関係でまとめて示す。入射角度が負側に大きくなるとイオンビーム2の発散が大きくなるのは、電子12がイオンビーム2から遠ざかる方向に放出され、イオンビーム2の正のビームポテンシャルに捕捉されにくくなるからであると考えられる。この図からも分かるように、電子12の入射角度は、-15度から+45度の範囲内が好ましく、-15度から+30度の範囲内がより好ましく、実質的に0度から+15度の範囲内が更に好ましく、実質的に0度が最も好ましい。

【0059】

上記シミュレーションは、電子12をイオンビーム2の周囲から放出したものであるのに対して、図1の実施形態はイオンビーム2を挟む両側から、即ちイオンビーム2を挟む両側に配置された電界放出型電子源10から電子12を放出するものである点で両者は条件が若干異なるけれども、イオンビーム2の近傍から電子12を放出する点では共通しているので、上記実施形態の場合も、電界放出型電子源10から放出する電子12の入射角度を上記のような範囲にすることによって、上記シミュレーションと同じような傾向の結果が得られることは、上記シミュレーションの結果から推定することができよう。

【0060】

即ち、上記各電界放出型電子源10は、それから放出する電子12の入射角度が、-15度から+45度の範囲内の角度を成す向きに配置するのが好ましく、-15度から+30度の範囲内の角度を成す向きに配置するのがより好ましく、実質的に0度から+15度の範囲内の角度を成す向きに配置するのが更に好ましく、実質的に0度の角度を成す向きに配置するのが最も好ましい。入射角度を小さくするほど、空間電荷によるイオンビーム2の発散をより抑制して、イオンビーム2の輸送効率をより向上させることができる。

【0061】

再び図1を参照して、電界放出型電子源10は、イオン源1からホルダ6までのイオンビーム2の経路のどこに配置しても良いけれども、イオンビーム2に電界や磁界を印加する機器が存在するとそこを電子12が通り抜けるのが難しくなるので、そのような機器とイオンビーム2の発散を抑制したい場所との間に、例えばそのような機器よりも下流側に配置するのが好ましい。イオン源1からホルダ6までのイオンビーム2の経路の複数箇所に電界放出型電子源10を設けても良い。

10

20

30

40

50

【0062】

電界放出型電子源10を、図1に示す実施形態のように下流側に向けて配置することによって、電界放出型電子源10をターゲット4よりも上流側に離して配置して、ターゲット4までの長い距離に亘ってイオンビーム2の発散を効果的に抑制することができる。

【0063】

電界放出型電子源10は、イオンビーム2の経路の片側に配置しても良いけれども、例えば図1、図2に示す実施形態のように、イオンビーム2の経路を挟んで両側に配置するのが好ましい。そのようにすると、イオンビーム2にその両側から電子12を供給することができるので、イオンビーム2の空間電荷をより効率良く中和して、空間電荷によるイオンビーム2の発散をより効果的に抑制することができる。必要に応じて、イオンビーム2の経路を取り囲む四方に、電界放出型電子源10を配置しても良い。そのようにすれば、上述したシミュレーションにより近づく。

10

【0064】

イオンビーム2が、例えば図2に示す例のようにリボン状の形状をしている場合、電界放出型電子源10は、例えば図2に示す例のように、Y方向に、即ちリボン状のイオンビーム2の幅方向に沿って長く伸びた形状をしているのが好ましい。そのようにすれば、イオンビーム2がY方向に長い形状をしていても、イオンビーム2のより広い領域に亘ってより均一にイオンビーム2の空間電荷を中和することができる。

【0065】

電界放出型電子源10は、図6に示す実施形態のように、イオンビーム2の上流側に向けて電子12を放出する向きに配置しても良い。この場合、電界放出型電子源10はホルダ6の上流側近傍に配置するのが好ましい。これ以外の事項については、上記実施形態の場合と同様であるので、重複説明を省略する。

20

【0066】

電界放出型電子源10を上流側に向けて配置しても、それから放出した電子12は上流側に向かって移動しつつイオンビーム2が持つ正のビームポテンシャル V_p によって捕捉されるので、電界放出型電子源10を下流側に向けて配置した上記実施形態の場合と同様の作用によって、イオンビーム2の空間電荷を効率良く中和して空間電荷によるイオンビーム2の発散を効果的に抑制することができる。

【0067】

しかも、電界放出型電子源10を上流側に向けて配置することによって、電界放出型電子源10から放出した電子12がターゲット4に入射しにくくなるので、電子12がターゲット4に入射することによってターゲット4の表面に負帯電が生じるのを抑制することができる。これは、電界放出型電子源10から放出する電子12のエネルギーがあまり低い場合に特に大きな効果を発揮する。

30

【0068】

上記ターゲット4を半導体基板(例えばシリコン基板)として、上記各実施形態のイオンビーム照射装置を用いて、当該半導体基板に上記イオンビーム2を照射してイオン注入を行って、当該半導体基板上に複数の半導体デバイスを製造しても良い。例えば、上記各実施形態のイオンビーム照射装置を、イオン注入によって半導体基板の表面または表層部の所要領域に所要のイオン(例えば不純物となるイオン)を注入する工程に用いて、半導体基板上に半導体デバイスとして複数の集積回路(例えばシステムLSI等)を製造しても良い。

40

【0069】

近年は、半導体基板上に形成する半導体デバイスの微細化が非常に進んでおり(換言すれば、超高集積化しており)、そのような半導体デバイスにイオン注入を行う場合、半導体基板の表面に形成された溝または凸状の部分に、イオン注入されない陰の部分が生じるのを防止することが課題となっている。そうしないと、形成される半導体デバイスの特性にばらつきが生じる。不良デバイスが生じることもある。

【0070】

50

上記課題を解決するためには、平行性の良いイオンビームを半導体基板に照射する必要があるが、イオンビームの空間電荷による発散が大きいと、平行性の良いイオンビームを半導体基板に照射することは難しい。これに対して、上記各実施形態のイオンビーム照射装置を用いれば、空間電荷が中和されて発散の少ないイオンビーム 2 を用いて、半導体基板上に複数の半導体デバイスを製造することができるので、同一の半導体基板上に特性の揃った複数の半導体デバイスを製造することができる。その結果、歩留まりが向上し、半導体デバイスの生産効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】この発明に係るイオンビーム照射装置の一実施形態を示す概略側面図である。

10

【図2】図1に示す電界放出型電子源およびイオンビームの例を線 A - A 方向に見て示す正面図である。

【図3】1 引出し電極型の電界放出型電子源の一つのエミッタ周りを拡大して、電源の一例と共に示す図である。

【図4】2 引出し電極型の電界放出型電子源の一つのエミッタ周りを拡大して、電源の一例と共に示す図である。

【図5】電界放出型電子源から放出される電子のイオンビームに対する入射角度を説明するための図である。

【図6】この発明に係るイオンビーム照射装置の他の実施形態を示す概略側面図である。

【図7】電子を供給しないときのイオンビームの空間電荷による発散をシミュレーションした結果の一例を示す図である。

20

【図8】電子を供給してイオンビームの中和を行うシミュレーションの初期条件を示す図である。

【図9】イオンビームに電子を 89 度の入射角度で供給したときの電子の軌道およびイオンビームの発散をシミュレーションした結果の一例を示す図である。

【図10】イオンビームに電子を 30 度の入射角度で供給したときの電子の軌道およびイオンビームの発散をシミュレーションした結果の一例を示す図である。

【図11】イオンビームに電子を 15 度の入射角度で供給したときの電子の軌道およびイオンビームの発散をシミュレーションした結果の一例を示す図である。

【図12】イオンビームに電子を 0 度の入射角度で供給したときの電子の軌道およびイオンビームの発散をシミュレーションした結果の一例を示す図である。

30

【図13】イオンビームに電子を -15 度の入射角度で供給したときの電子の軌道およびイオンビームの発散をシミュレーションした結果の一例を示す図である。

【図14】 $X = 350 \text{ mm}$ の位置でのイオンビームの直径を、電子の入射角度との関係でまとめて示す図である。

【符号の説明】

【0072】

1 イオン源

2 イオンビーム

4 ターゲット

6 ホルダ

10 電界放出型電子源

12 電子

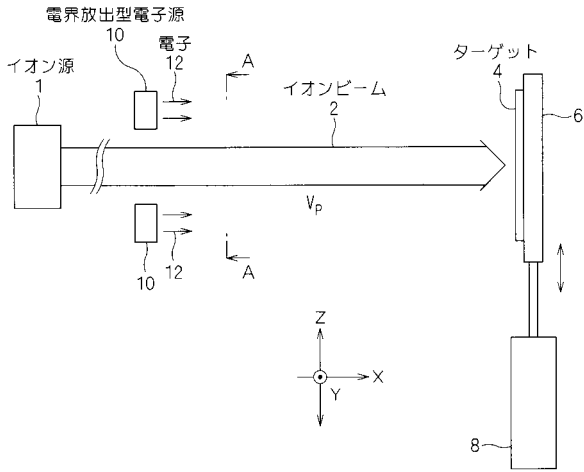
16 カソード基板

18 エミッタ

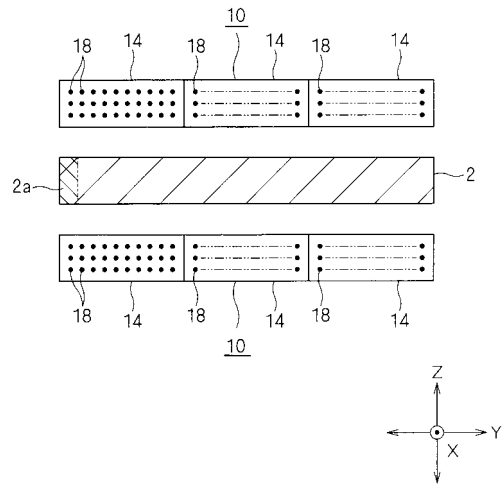
入射角度

40

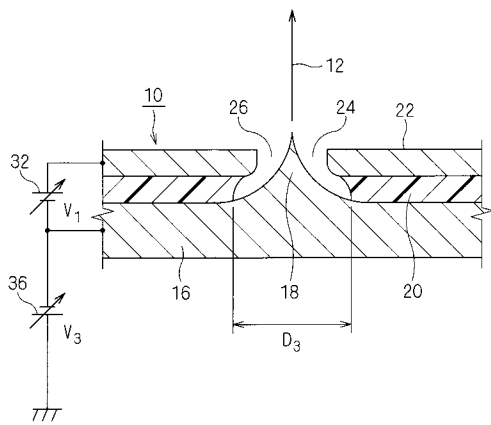
【図1】



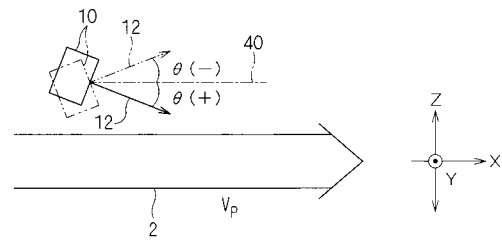
【図2】



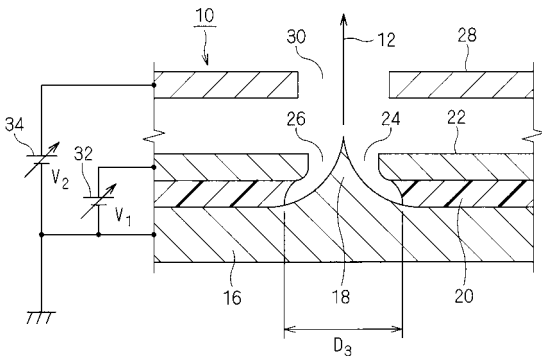
【図3】



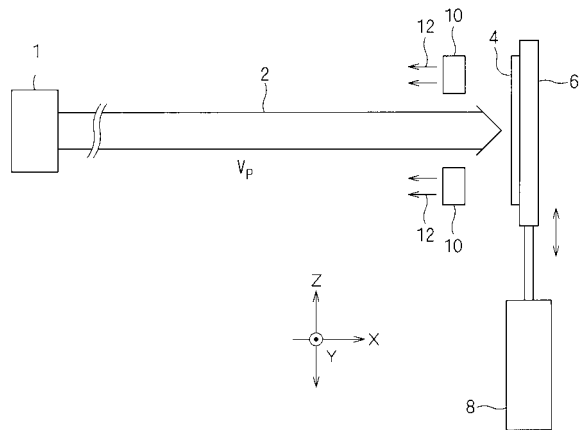
【図5】



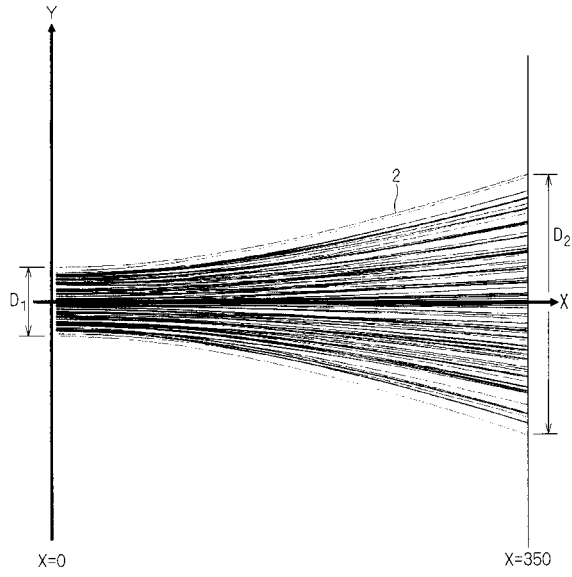
【図4】



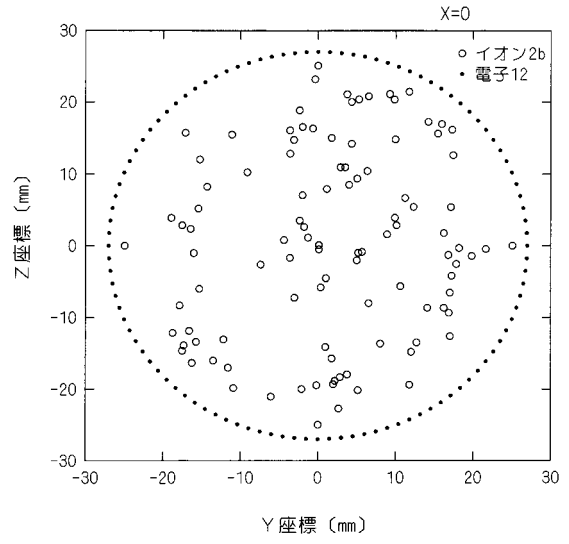
【図6】



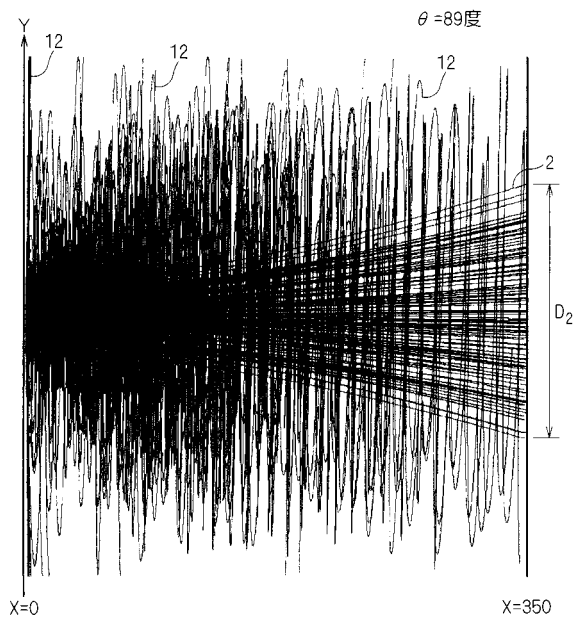
【図7】



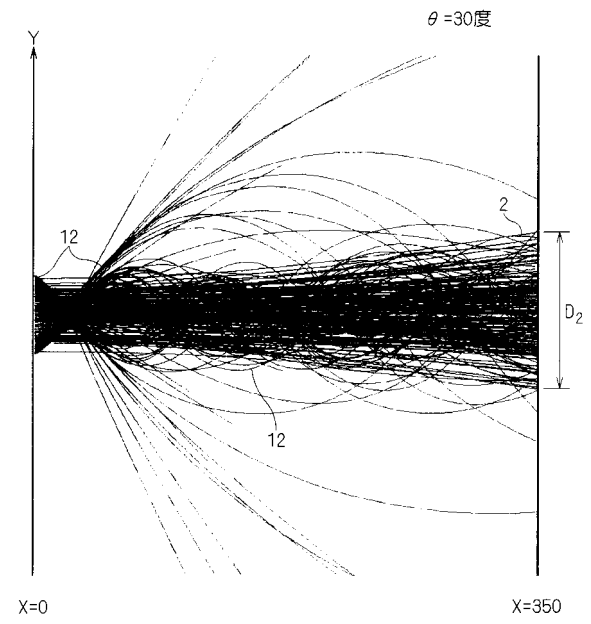
【図8】



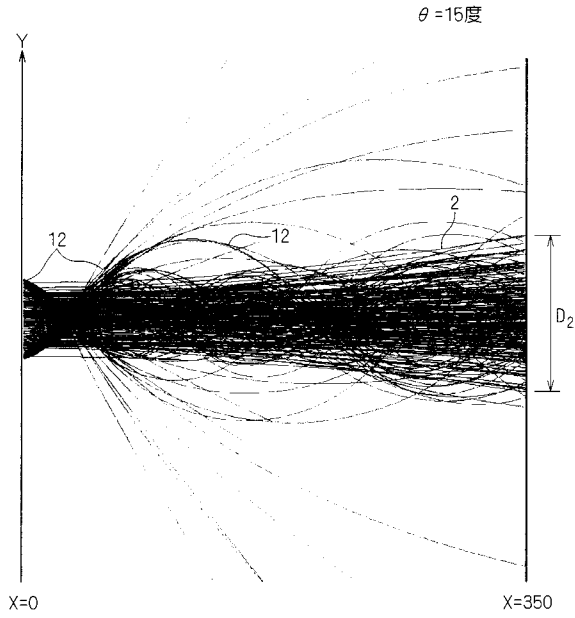
【図9】



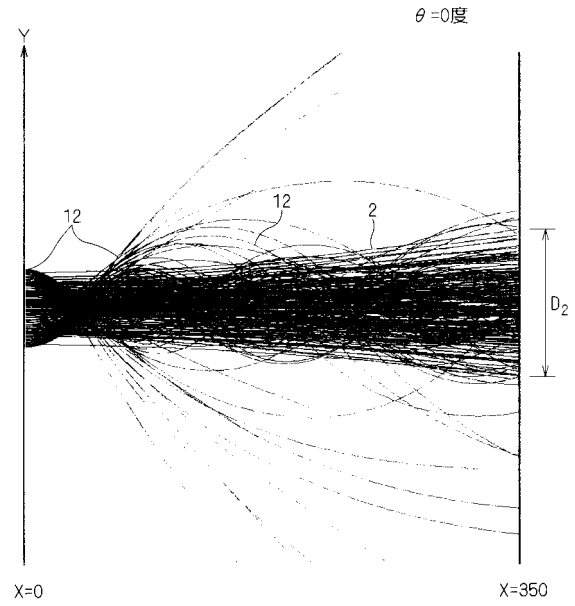
【図10】



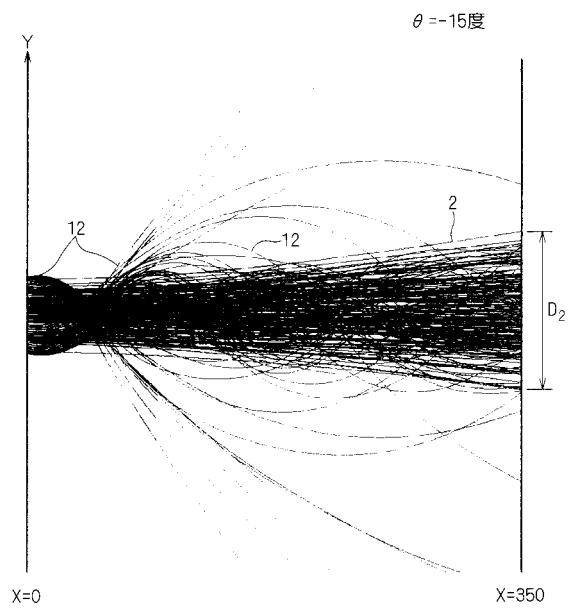
【図 1 1】



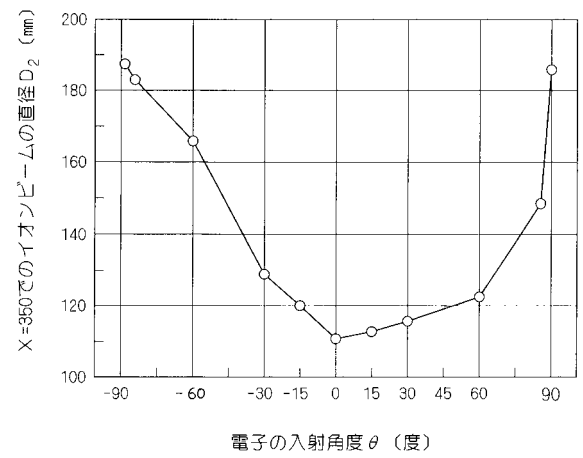
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 後藤 康仁
京都府京都市西京区京都大学桂 国立大学法人京都大学大学院工学研究科内
- (72)発明者 酒井 滋樹
京都府京都市南区久世殿城町575番地 日新イオン機器株式会社内

審査官 佐藤 仁美

- (56)参考文献 特開2004-134354(JP,A)
特開2005-026189(JP,A)
特開2006-040821(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
IPC H01J 37/317